ISNN 3030-3907

2026/2
VOLUME 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/2 VOLUME 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФОСФОРИТОВЫХ РУД ЦЕНТРАЛЬНОГО КЫЗЫЛКУМА

Хужакулов Амиржон Муродович
Каршинский государственный технический университет, доцент кафедры «Геология и горное дело», Карши, Узбекистан
Хушвактова Дилшода Шавкат кизи
Каршинский государственный технический университет, магистрант кафедры «Геология и горное дело», Карши, Узбекистан
Узбекистан, Карши
Боймуродов Нажмиддин Абдукодирович
Каршинский государственный технический университет, доцент кафедры «Геология и горное дело», Карши, Узбекистан
Узбекистан, Карши
ORCID iD: 0009-0007-7820-7799
E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru
Нормуминов Уйгун Шаймардон угли
Каршинский государственный технический университет, магистрант кафедры «Геология и горное дело», Карши, Узбекистан
Узбекистан, Карши

Аннотация. В работе представлены результаты экспериментального исследования химической активности фосфоритовых руд Центрального Кызылкума при кислотном выщелачивании. Установлено, что на начальной стадии процесс протекает под химическим контролем, а в дальнейшем переходит в диффузионно-ограниченный режим. Определён фактический порядок реакции (n ≈ 1), рассчитана энергия активации по уравнению Аррениуса. Показано, что карбонатные фазы увеличивают расход кислоты и снижают селективность растворения фосфатной составляющей. Обоснована необходимость оптимизации концентрационного и температурного режимов процесса.

Ключевые слова: фосфоритовые руды, кислотное выщелачивание, кинетика реакции, порядок реакции, энергия активации, химический контроль, диффузионные ограничения.

Abstract. This paper presents the results of an experimental study on the chemical activity of phosphorite ores from the Central Kyzylkum under acid leaching conditions. It was established that at the initial stage the process proceeds under chemical control, while at later stages it shifts to a diffusion-limited regime. The actual reaction order was determined to be approximately n ≈ 1, and the activation

ISSN 3030-3907

energy was calculated using the Arrhenius equation. It was shown that carbonate phases increase acid consumption and reduce the selectivity of phosphate dissolution. The necessity of optimizing concentration and temperature parameters to improve process efficiency and selectivity is substantiated.

Keywords: phosphorite ores, acid leaching, reaction kinetics, reaction order, activation energy, chemical control, diffusion limitations.

Annotatiya. Ishda Markaziy Qizilqum fosforit rudalarining kimyoviy faolligini kislotali yuvishda eksperimental o'rganish natijalari keltirilgan. Dastlabki bosqichda jarayon kimyoviy nazorat ostida davom etishi va keyinchalik diffuziya-cheklangan rejimga o'tishi aniqlandi. Reaksiyaning haqiqiy tartibi ($n \approx 1$) aniqlanadi, aktivatsiya energiyasi Arrenius tenglamasi bo'yicha hisoblanadi. Karbonat fazalari kislota sarfini oshirishi va fosfat komponentining eritilishini selektivligini kamaytirishi ko'rsatilgan. Jarayonning kontsentratsion va harorat rejimlarini optimallashtirish zarurati asoslanadi.

Kalit so'zlar: fosforit rudalari, kislota yuvish, reaktsiya kinetikasi, reaktsiya tartibi, faollashuv energiyasi, kimyoviy nazorat, diffuziya cheklovlari.

ВВЕДЕНИЕ.

Фосфоритовые руды Центрального Кызылкума являются важной минерально-сырьевой базой фосфатного сырья Республики Узбекистан и имеют стратегическое значение для производства минеральных удобрений. Эффективное освоение этих ресурсов требует изучения их вещественного состава и реакционной способности в процессах химического обогащения.

Ключевой стадией переработки фосфоритов является кислотное выщелачивание, эффективность которого определяется кинетикой взаимодействия минеральных фаз с кислотой и влиянием карбонатных примесей, увеличивающих расход реагента и снижающих селективность растворения фосфатной фазы.

Актуальными остаются вопросы механизма растворения карбонатсодержащих фосфоритов и характера кинетического контроля процесса. В связи с этим целью работы является исследование химической активности фосфоритовых руд Центрального Кызылкума, определение кинетических параметров выщелачивания и обоснование оптимальных технологических условий.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ. Химическая активность фосфоритовых руд оценивалась по скорости взаимодействия минеральных фаз с кислотной средой. Эксперименты проводились в изотермических условиях с целью определения кинетики перехода фосфора и сопутствующих компонентов в раствор во времени.

ISSN 3030-3907

Экспериментальные наблюдения показали, что в течение первых 10–15 минут происходит интенсивное разложение фосфатных минеральных фаз. На данном этапе скорость реакции максимальна, и процесс протекает преимущественно под контролем поверхностной химической реакции. В последующем формируется слой продуктов реакции, и диффузия ионов через этот слой становится лимитирующим фактором, что приводит к снижению скорости процесса.

Для моделирования кинетики реакции использовалась степенная зависимость:

$$r = kC^n \qquad (1)$$

где: r — скорость реакции;
k — константа скорости;
C — концентрация реагента;
n — порядок реакции.

Теоретический анализ для случаев n = 2, 4 и 6 (при k = 1) показал, что с увеличением порядка реакции возрастает чувствительность скорости процесса к изменению концентрации.
При n = 2 рост скорости носит умеренный характер;
При n = 4 наблюдается выраженная нелинейная зависимость;
При n = 6 зависимость становится резко экспоненциальной.

Это свидетельствует о том, что при высоких порядках реакции даже незначительные изменения концентрации приводят к резкому увеличению скорости, что существенно усложняет технологическое управление процессом. Следовательно, выбор оптимального диапазона концентрации является критически важным фактором обеспечения селективности и стабильности процесса.

Обработка экспериментальных данных в логарифмических координатах показала, что фактический порядок реакции составляет n ≈ 1, что указывает на квазипервый порядок и соответствие модели кинетики первого порядка.
Температурная зависимость константы скорости описывалась уравнением Аррениуса:

$$k = A\, e^{-Ea/RT} \qquad (2)$$

где: A — предэкспоненциальный множитель;
E_a — энергия активации;
R — универсальная газовая постоянная;
T — абсолютная температура.

ISSN 3030-3907

Расчёты показали, что энергия активации находится в среднем диапазоне значений, характерных для процессов, контролируемых химической стадией. Это подтверждает, что на начальном этапе процесс протекает в режиме химического контроля, тогда как при увеличении времени и температуры возрастает вклад диффузионных ограничений.

Высокая реакционная способность карбонатных фаз обусловливает повышенный расход кислоты на начальной стадии выщелачивания. Данный фактор снижает селективность растворения фосфатной фазы и указывает на необходимость оптимизации технологических параметров с целью минимизации нецелевого расхода реагента.

Анализ кинетической зависимости при втором порядке реакции (n = 2)

Представленная зависимость скорости реакции от концентрации при n = 2 ($r = kC^2$, $k = 1$) демонстрирует квадратичный характер роста кинетического параметра. В отличие от реакции первого порядка, где скорость пропорциональна концентрации линейно, во втором порядке наблюдается ускоренный нелинейный рост.

$$r = kC^2 \qquad (3)$$

При увеличении концентрации реагента в два раза скорость реакции возрастает в четыре раза, что отражает квадратичную зависимость. Такая кинетическая модель указывает на повышенную чувствительность процесса к концентрационным изменениям.

С технологической точки зрения это означает, что:

- незначительное увеличение концентрации кислоты может привести к резкому росту скорости растворения;
- процесс становится менее устойчивым к флуктуациям концентрации;
- возрастает риск перерасхода реагента;
- усложняется контроль селективности растворения различных минеральных фаз.

График зависимости скорости реакции $r = kC^2$ при $k = 1$ ($n = 2$).

ISSN 3030-3907

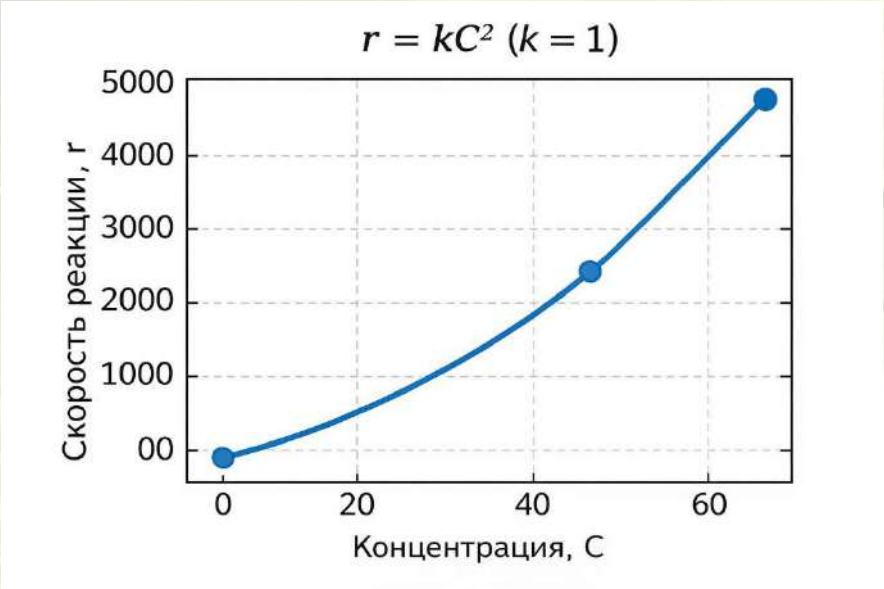


Рис. 1. Зависимость скорости реакции от концентрации при втором порядке реакции (n = 2, k = 1).

В условиях переработки карбонатсодержащих фосфоритовых руд подобная зависимость может привести к усиленному расходу кислоты вследствие конкурентного растворения карбонатной фазы.

Таким образом, кинетическая модель второго порядка демонстрирует высокую реакционную чувствительность системы, что требует строгого контроля концентрационного режима при промышленной реализации процесса.

Анализ кинетической зависимости при порядке реакции n=6

Кинетическая зависимость вида

$$r = k\ C^6 \qquad (5)$$

Характеризует крайне высокую степень нелинейности и сверхчувствительность скорости реакции к изменению концентрации реагента. Для реакции шестого порядка скорость возрастает пропорционально шестой степени концентрации, вследствие чего даже незначительные колебания (C) приводят к многократному изменению (r). Так, увеличение концентрации всего в 2 раза вызывает рост скорости в (2^6 = 64) раза, что принципиально отличает данный режим от реакций низших порядков.

С технологической точки зрения такая кинетика означает следующее:

- процесс становится крайне чувствительным к дозировке реагента и неоднородности распределения концентрации в аппарате;
- возрастает риск локальных зон перегрузки (локально высокая скорость реакции), что может приводить к неравномерности протекания процесса и ухудшению воспроизводимости результатов;

ISSN 3030-3907

- существенно повышаются требования к интенсивности перемешивания, стабильности подачи кислоты и контролю параметров;
- вероятно усиление побочных/конкурирующих реакций, особенно в карбонатсодержащих фосфоритовых рудах, где карбонатные фазы активно нейтрализуют кислоту, увеличивая расход реагента и снижая селективность растворения фосфатной фазы.

Следовательно, кинетический режим с (n=6) указывает на теоретически возможную ситуацию, когда скорость процесса определяется сложным набором элементарных стадий или параллельных взаимодействий, однако для промышленной реализации такой режим является потенциально нестабильным из-за высокой чувствительности к концентрационным отклонениям.

В контексте химического обогащения фосфоритов это подчёркивает необходимость работы в оптимальном концентрационном окне, обеспечивающем высокую степень извлечения при минимизации нецелевого расхода кислоты на карбонатную составляющую и сохранении технологической управляемости процесса.

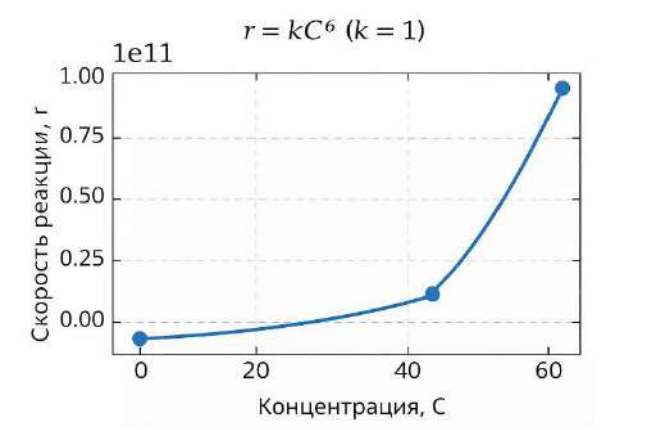


Рис. 3. Зависимость скорости реакции от концентрации при шестом порядке реакции (n = 6, k = 1).

ВЫВОДЫ. Кинетический анализ показал, что с увеличением порядка реакции возрастает чувствительность скорости процесса к изменению концентрации реагента: при n = 2 рост умеренный, при n = 6 — резко возрастающий. Это требует строгого контроля концентрационного режима.

Экспериментально установлено, что фактический порядок реакции составляет n ≈ 1, что соответствует квазипервому порядку. На начальной стадии (10–15 минут) процесс протекает под химическим контролем, затем переходит в диффузионно-ограниченный режим.

Определённая по уравнению Аррениуса энергия активации подтверждает преобладание химического механизма на начальном этапе.

ISSN 3030-3907

Высокая реакционная способность карбонатных фаз увеличивает расход кислоты и снижает селективность растворения фосфатной составляющей.

Полученные результаты свидетельствуют о комбинированном кинетико-диффузионном механизме растворения и необходимости оптимизации концентрации и температуры для повышения эффективности процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абидова М. А., Убайдуллаева С. Б., Ботиров О. Б., Махмудов З. У. Виды фосфорных удобрений и их получение. – 2022. Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences, 2(6).
2. Doniyarov, N.A., Xushvaqtova, D.Sh, Xo‘jaqulov, A.M., & Boymurodov, N.A. (2025). FOSFORIT KONLARINI GEOLOGIK, IQTISODIY VA TEXNOLOGIK JIHATDAN TAHLIL QILISH MEZONLARI. Journal of Advances in Engineering Technology, (1), 33-38.
3. Derhy M., Taha Y., Hakkou R., Benzaazoua M. “Review of the Main Factors Affecting the Flotation of Phosphate Ores”. Minerals, 2020. MDPI
4. Doniyarov N. A., Xushvaqtova D. S. & Boymurodov N. A. (2025). FOSFORIT RUDALARINI BOYITISHNING TEXNOLOGIK TAHLILI. Development Of Science, 11(7), pp. 158-166.

ISSN 3030-3907